

ฟิสิกส์ ม. ปลาช

การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

ผศ.สุชาติ สุภาพ

พิมพ์และจัดจำหน่ายโดย

สุชาติ สุภาพ

133/471 หมู่ 2 (ติดกับ สนง. ที่ดินบางบัวทอง) ต.พิมลราช อ.บางบัวทอง
จ.นนทบุรี 11110

E - mail suchart11111@hotmail.com

พิมพ์ที่ หจก. SPS 1999 ม.เพชรอนันต์ เขตคันนายาว กรุงเทพฯ 10230

คำนำ

หนังสือ พิสิทธ์ มัชฌมปลาช เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย เล่มนี้ จัดทำขึ้น เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจในแนวคิดพื้นฐานของการเคลื่อนที่ที่มีความสม่ำเสมอและเป็น จังหวะ ซึ่งปรากฏให้เห็นได้ในธรรมชาติ และในสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก อย่างง่าย เป็นรูปแบบของการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาโดยมีแรงคืนสู่ตำแหน่งสมดุล ซึ่ง สัมพันธ์โดยตรงกับการสั่น เช่น การสั่นของมวลบนสปริง การแกว่งของลูกตุ้ม หรือคลื่นที่ เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่าง ๆ การเข้าใจเรื่องนี้ไม่เพียงช่วยให้สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมของ ระบบทางฟิสิกส์ได้ แต่ยังเป็นรากฐานสำคัญต่อการเรียนรู้หัวข้อถัดไป เช่น คลื่น เสียง และการ สั่นพ้อง ภายในหนังสือเล่มนี้ ได้มีการจัดเรียงเนื้อหาอย่างเป็นระบบ เริ่มตั้งแต่แนวคิดพื้นฐาน แรงที่เกี่ยวข้อง สมการการเคลื่อนที่ ไปจนถึงการประยุกต์ใช้ พร้อมเสริมด้วยแบบฝึกหัด กิจกรรม และตัวอย่างปัญหาที่หลากหลาย เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้ อย่างมั่นใจและเข้าใจลึกซึ้งยิ่งขึ้น หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ทั้งใน ด้านการเรียนรู้ การฝึกคิดวิเคราะห์ และการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ต่อในอนาคตในการศึกษาฟิสิกส์ ขึ้นสูงในอนาคต

ถ้าท่านสนใจหนังสือในรูปแบบ E-BOOK ก็มีจำหน่ายที่เว็บไซต์ ร้านนายอินทร์ , MEB , อุกปี, ซีเอ็ด , htext , ศูนย์หนังสือจุฬาฯ และ DDebook

สำหรับท่านที่สนใจหนังสือของกระผมแต่หาซื้อตามร้านหนังสือทั่วไป ไม่ได้ สามารถซื้อออนไลน์ที่แอปต่าง ๆ โดยสแกน QR โค้ดข้างล่างนี้ (ที่ช้อปปีมีหนังสือมากที่สุด)



สุชาติ สุภาพ

มือถือ 083-920-3825

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 8 การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	4
8.1 การเคลื่อนที่แบบฮาร์โมนิกอย่างง่าย	5
8.2 มวลผูกติดกับสปริง	15
8.3 พลังงานของการสั่น	24
8.4 ลูกตุ้มนาฬิกา	33
8.5 เปรียบเทียบการเคลื่อนที่แบบ SHM กับการเคลื่อนที่แบบวงกลมอย่างสม่ำเสมอ	40

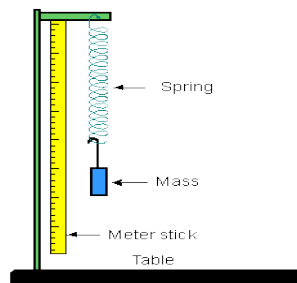
บทที่ 8

การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

ในชีวิตประจำวันของเรา เราอาจเคยเห็นวัตถุที่เคลื่อนที่กลับไปกลับมาอย่างสม่ำเสมอ เช่น ลูกตุ้มนาฬิกาที่แกว่งไปมา สปริงที่ขึงหด หรือเปดเด็กที่แกว่งเบา ๆ ลักษณะการเคลื่อนที่เช่นนี้ เรียกว่า "การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย" ซึ่งเป็นรูปแบบของการเคลื่อนที่ที่มีจุดเด่นคือ การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งซ้ำไปมาในรูปแบบคาบ การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายเป็นหัวข้อที่สำคัญในฟิสิกส์ เนื่องจากเป็นพื้นฐานของการอธิบายพฤติกรรมของระบบที่มีแรงคืนสู่สมดุล เช่น แรงสปริง หรือแรงตึงในเชือก ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องจักร เครื่องดนตรี ระบบกันสะเทือน ไปจนถึงการวิเคราะห์คลื่นและเสียง ในการศึกษาหัวข้อนี้ นักเรียนจะได้เรียนรู้ว่า อะไรคือแรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย มีสมการใดบ้างที่ใช้อธิบายการเคลื่อนที่ลักษณะนี้ และปัจจัยใดที่มีผลต่อความถี่ คาบ และแอมพลิจูดของการเคลื่อนที่ ทั้งยังเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการเรียนรู้เรื่องคลื่นในบทถัดไปด้วย

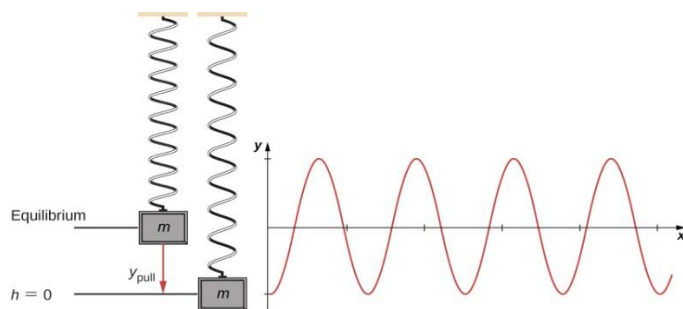
ในบทก่อนหน้านี้ได้กล่าวถึงการเคลื่อนที่มาเกือบทุกแบบแล้ว ในบทนี้จะได้กล่าวถึงการเคลื่อนที่แบบสุดท้ายคือการเคลื่อนที่แบบสั่นหรือการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก การเคลื่อนที่แบบนี้ได้แก่ การสั่นของสายกีตาร์เมื่อถูกดีด การสั่นของหนังกลองเมื่อถูกดีด การสั่นของลูกตุ้มที่ติดอยู่ที่ปลายสปริงเมื่อถูกดีดแล้วปล่อย การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา การสั่นของสิ่งดังกล่าวจะมีแอมพลิจูดลดลงเรื่อย ๆ จนหยุดสั่น แต่เพื่อให้ง่ายในการศึกษาจะกำหนดให้การสั่นเหล่านี้มีแอมพลิจูดและความถี่คงตัว การสั่นหรือการแกว่งที่มีแอมพลิจูดและความถี่คงตัวเรียกว่า “ การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย”

การศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกนี้มีประโยชน์มากเพราะว่ามีหลายสิ่งหลายอย่างในธรรมชาติที่มีการสั่นแบบนี้ สิ่งที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายได้แก่การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา และการสั่นของมวลที่ติดอยู่ที่ปลายสปริง สำหรับในที่นี้จะเลือกใช้การสั่นของมวลที่ติดอยู่ที่ปลายสปริงดังรูป



รูป 8.1 เมื่อดึงวัตถุลงมาแล้วปล่อย วัตถุจะสั่นกลับไปกลับมา

เราสามารถศึกษาลักษณะของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายได้โดยการติดดินสอไว้ที่ด้านข้างของลูกตุ้มแล้วให้กระดาษเคลื่อนที่ในขณะที่ลูกตุ้มกำลังสั่นขึ้น - ลง ดินสอจะลากเป็นเส้น ดังรูป

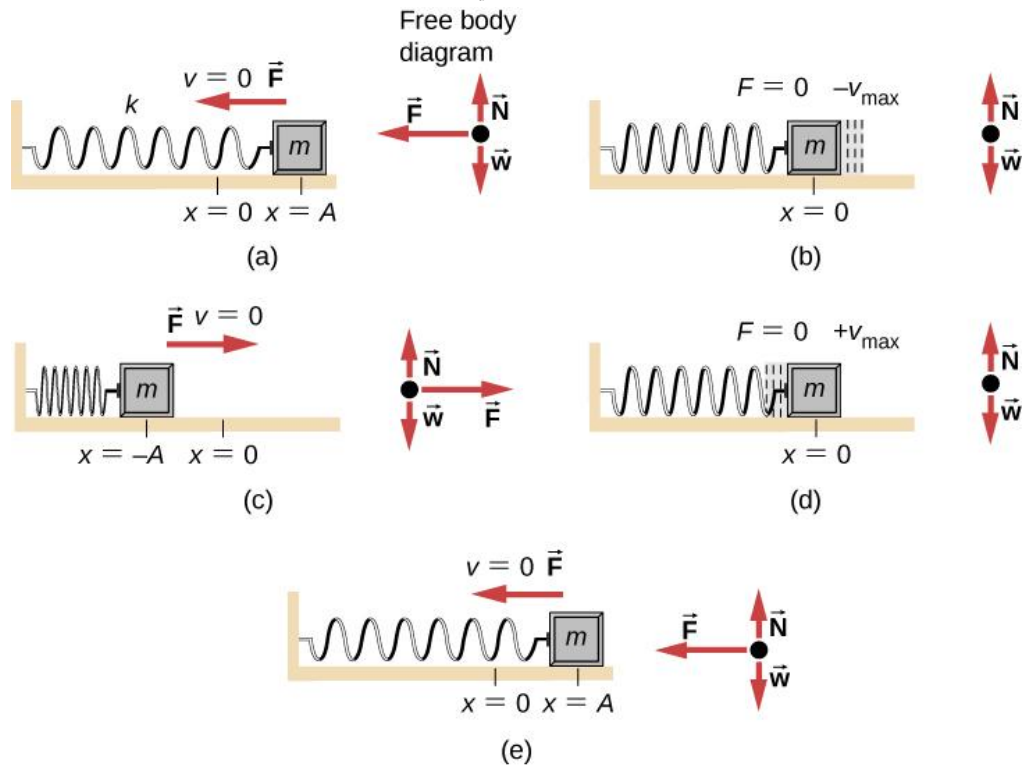


รูป 8.2 ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัด (x) กับเวลา (t) เป็นกราฟรูป sine

เส้นที่แกว่งจะมีลักษณะเหมือนกับคลื่นไซน์

8.1 การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

การสั่นของมวลที่ติดอยู่กับปลายสปริง เป็นการสั่นกลับไปกลับมา เราสามารถหาสมการการเคลื่อนที่นี้ได้จาก การวิเคราะห์การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ของมวลที่ผูกติดกับปลายสปริงเป็น ดังนี้



รูป 8.3 a) ดึงวัตถุไปทางขวามือแล้วปล่อย แรงดึงกลับของสปริงจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่เข้าหาตำแหน่งสมดุล

b) ที่ตำแหน่งสมดุลแรงสปริงมีค่าเท่ากับศูนย์ แต่วัตถุยังเคลื่อนที่ต่อไปเนื่องจากความเฉื่อย

c) ที่ $x = -A$ แรงเฉื่อยเท่ากับแรงดึงกลับของสปริง วัตถุจะหยุดเนื่องจากแรงสปริงเท่ากับศูนย์

d) ที่ $x = 0$ แรงดึงกลับของสปริงมีค่าเท่ากับศูนย์ แต่วัตถุยังเคลื่อนที่ต่อไปเนื่องจากความเฉื่อย

e) ที่ $x = A$ วัตถุหยุดชั่วขณะเนื่องจากแรงสปริงเท่ากับศูนย์ แล้วจะเริ่มรอบต่อไป

พิจารณารูป 8.3

จากกฎของนิวตัน

$$\begin{aligned} F &= ma \\ -kx &= ma \\ a &= -\frac{k}{m}x \\ \frac{d^2x}{dt^2} &= -\frac{k}{m}x \end{aligned}$$

จะได้

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 x$$

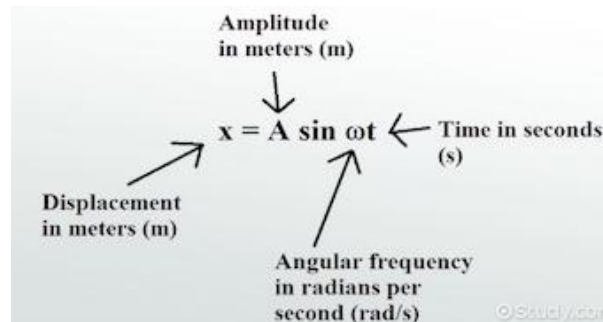
(8.1)

สมการ (8.1) เป็นสมการทั่วไปของการเคลื่อนที่ฮาร์มอนิกอย่างง่าย

ผลเฉลยของสมการ(8.1) คือ

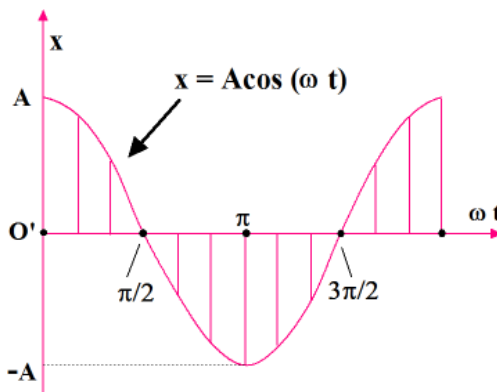
$$x = A \cos(\omega t + \phi) \quad (8.2)$$

เมื่อ A คือแอมพลิจูดของการสั่น ω คืออัตราเร็วเชิงมุมในการสั่นของมวล ϕ มุมเฟสเริ่มต้น

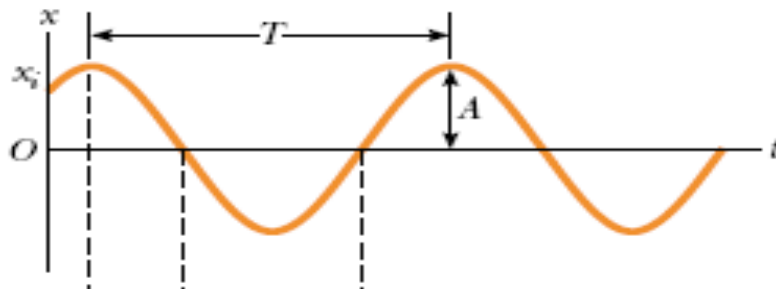


รูป 8.4 ความหมายของค่าต่างๆ

สมการ (8.2) มีความหมายว่าการกระจัดของการเคลื่อนที่มีขนาดเปลี่ยนแปลงและกลับทิศไปมาในลักษณะเดียวกับกราฟของ cosine ดังรูป



รูป 8.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับเวลาตามสมการ $x = A \cos \omega t$



รูป 8.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับเวลาตามสมการ $x = A \cos(\omega t + \phi)$ และอัตราเร็ว (v) ของการเคลื่อนที่หาได้จากสมการ